

TARTU ÜLIKOOL
LOODUS- JA TEHNOLOOGIATEADUSKOND
Ökoloogia ja Maateaduste instituut
Geograafia osakond

Lõputöö

**Prügilagaasi kogumise vajalikkus, efektiivsus ja kasutamine
Aardlapalu prügila näitel**

Siim Sellik

Juhendajad: Karin Hellat, MSc

Kaitsmisele lubatud

Juhendaja

allkiri, kuupäev

Tartu 2014

Sisukord

Sisukord.....	2
Sissejuhatus	3
1. Jäätmemajanduse õiguslikud alused.....	5
1.1 Prügilate sulgemise keskkonnaseadusandlus.....	6
1.2 Prügilate sulgemine Eestis	6
1.3 Olmejäätmete kogus ja mõju keskkonnale	8
2. Prügilagaasi teke ja allikad.....	9
2.1 Prügilagaasi kogumine	12
2.1.1 Passiivne gaasikogumissüsteem	12
2.1.2 Aktiivne gaasikogumissüsteem	12
2.1.3 Horisontaal – ja vertikaal gaasikogumissüsteemi võrdlus	13
2.2 Prügilagaasi kasutamine	15
2.2.1 Prügilagaasi kasutamine Eestis	15
3. Aardlapalu prügila.....	16
3.1 Teostatud uuringud.....	18
3.1.1 Gaasikoguste prognoos	18
3.1.2 Doranova Baltic OÜ poolt kogutud gaasinäitajad.....	23
4. Tulemused ja arutelu	25
KOKKUVÕTE.....	28
LANDFILL GAS COLLECTION NECESSITY, EFFICIENCY AND UTILIZATION ON THE EXAMPLE OF AARDLAPALU LANDFILL	29
TÄNUAVALDUSED	31
KASUTATUD ALLIKAD.....	32
LISA 1. AARDLAPALU PRÜGILA ASUKOHA KAART	35
LISA 2. KÕRGETE HEITEKOGUSTE KAART	36
LISA 3. GAASIKAEVUDE ASUKOHA KAART	36
LISA 4. TARTU AARDLAPALU PRÜGILA GAASIKOGUMISSÜSTEEM JA KOMPRESSORJAAM KOOS PÕLETIGA.	37

Sissejuhatus

Maailm on muutunud viimase sajandi jooksul tarbimisühiskonnaks. Elanikkonna ostujõu suurenemine ja sellest tulenevad tarbimisharjumused toodavad järjest rohkem jäätmeid, mis on tõsiseks probleemiks meid ümbritsevale keskkonnale. Olmejäätmete koguste kasvu ja sellest tulenevat keskkonna saastatust on võimalik vähendada jäätmete taaskasutusse suunamise teel.

Biolagunevate jäätmete ladestamisel prügilasse tekib prügilagaas, mida on keskkonna saastatuse vähendamiseks otstarbekas koguda ja taaskasutada energia tootmiseks.

Prügilagaasi tekkimine mõjutab keskkonda negatiivselt, sest suurendab kasvuhooneefekti. Samuti on võimalik, et prügilagaasi kogunemine teatud kohtadesse tekitab plahvatusohtliku kontsentratsiooni, mille tagajärjed on ettearvamatud.

Käesoleva uurimistöö eesmärk on uurida ja analüüsida prügilagaasi kogumise vajalikkust ja kasutamise võimalusi Aardlapalu prügila näitel. Lõputöö annab ülevaate prügilagaasi prognoosimise meetoditest ja tehnoloogiast. Töö autor analüüsib erinevates uuringutes prognoositud tulemusi ja võrdleb neid reaalsete tulemustega.

Aardlapalu prügila kuulub Tartu linnale ja asub Tartu maakonnas Haaslava ja Ülenurme valla piiril. Prügila rajati 1971. aastal ja seal ladestati Tartu linna ja maakonna olmejäätmeid. Vastavalt jäätmeseadusele lõpetati prügi ladestamine Aardlapalu prügilas 2009. aasta juulis ja prügila korrastamise tähtaeg oli 2013. aasta juuli.

Uurimistöö koostamise käigus tutvus autor põhjalikult Aardlapalu prügila sulgemise ja korrastamisega seotud Tartu Linnavalitsuse poolt tellitud mitmete uuringute, objektiga seonduva dokumentatsiooni ning tegevustega. Võimalused selleks avanesid tänu Tartu Linnavalitsuse Linnamajanduse osakonna keskkonnateenistuse juhataja Ülle Maueri positiivsele suhtumisele. Samuti käis töö autor Aardlapalu prügilas kohtumas Doranova Baltic OÜ tegevjuhi Margus Nõlvakuga, kes tutvustas gaasikogumissüsteemi.

Koostatud uurimistöö koosneb neljast peatükist, mis omakorda jagunevad alapeatükkideks. Esimeses peatükis annab autor ülevaate Euroopa Liidu jäätmemajanduse õiguslikest alustest ja rakendumisest Eesti seadusandluses ning prügilate sulgemise ja nende korrastamisega seotud õigusaktidest. Selles peatükis on käsitletud ka hetkeseis olmejäätmete kogustest ja mõjust keskkonnale nii maailmas üldiselt kui ka Eestis. Teises peatükis käsitletakse prügilagaasi tekkimise põhjuseid, selle kogumise erinevaid meetodeid ning kasutamise

võimalusi ning efektiivsust. Kolmandas peatükis on esitatud Aardlapalu prügila üldiseloomustus, antud ülevaade gaasikoguste prognoosidest ning välja toodud tegelikud näitajad gaasi koostise ja koguste kohta. Käesoleva töö neljas osa hõlmab andmete analüüsi ning prügilagaasi kasutamise perspektiivikut.

Lõputöö teema valikut mõjutas autori huvi jäätmekäitluse probleemide vastu, mis sai tõuke 1. ja 2. kursuse praktika sooritamise eest Haaslava Vallavalitsuses ja piirkonna jäätmekäitluse probleemistikuga tutvumisest. Samuti avaldas mõju see, et töö autori elukoht asub Ülenurme vallas ja jääb prügilast umbes 5 km kaugusele.

1. Jäätmemajanduse õiguslikud alused

Kui Eesti 2004. aastal Euroopa Liiduga liitus, siis üks paljudest uutest lisakohustustest oli aktiivselt osaleda Euroopa Liidu keskkonnapoliitikas, mis koosneb paljudest seadusandlikest aktidest, mida reguleerivad jäätmekäitlusdirektiivid.

Euroopa Liidu jäätmekäitluspoliitika esmane eesmärk on vähendada tekkivate jäätmete kogust ja kahjulikku mõju inimese tervisele ning keskkonnale. Samuti tuleb vähendada ressurside kasutamist ning keskenduda jäätmete taaskasutamisele (Euroopa Liidu Teataja).

Eesti Vabariigis reguleerib terviklikuna jäätmekäitlust jäätmeseadus, mille § 1 lõike 1 sätestab üldnõuded jäätmete tekke ning neist tuleneva tervise- ja keskkonnaohu vältimiseks ning jäätmehoolduse korralduse jäätmete ohtlikkuse ja koguse vähendamiseks, samuti vastutuse kehtestatud nõuete rikkumise eest, seadus on vastavusse viidud Euroopa Liidu jäätmepoliitikaga (RT I 2004, 9, 52). Lisaks reguleerib see nende pakendijäätmete käitlemist, mis ei ole reguleeritud pakendiseadusega (RT I 2004, 9, 52). Pakendiseadus sätestab pakendi kasutamisele ja sellest tekkivate jäätmete vältimise ja vähendamise meetmete nõuded (RT I 2004, 41, 278).

26. aprilli 1999. aastal anti välja direktiiv, mis reguleeris prügilate käitlemist, sulgemist ja korrastamist. See pani aluse prügilate arvu vähendamisele, samas alustati ka prügilate keskkonnanõuetele vastavusse viimist ning mittevajalike prügilate sulgemist jäätmete ladestamiseks ja korrastamiseks (Nõukogu Direktiiv 1999/31/EÜ). See direktiiv on üle võetud keskkonnaministri 29. aprillil 2004. aastal välja antud määrusega nr 38 „Prügila rajamise, kasutamise ja sulgemise nõuded“ (RTL 2004, 56, 938).

Töötavate, ent nõuetele mittevastavate prügilate osas olid liikmesriigid kohustatud võtma kasutusele meetmed, millega tagati, et need prügilad ei või tegutsemist jätkata hiljemalt 8 aastat pärast ülevõtmistähtaega, milleks oli 16.07.2001. Vastavad normid võeti Eesti Euroopa Liiduga liitumise ajaks üle jäätmeseadusesse. [<http://www.k6k.ee/uudiskiri/2009-august/prygilad>].

1.1 Prügilate sulgemise keskkonnaseadusandlus

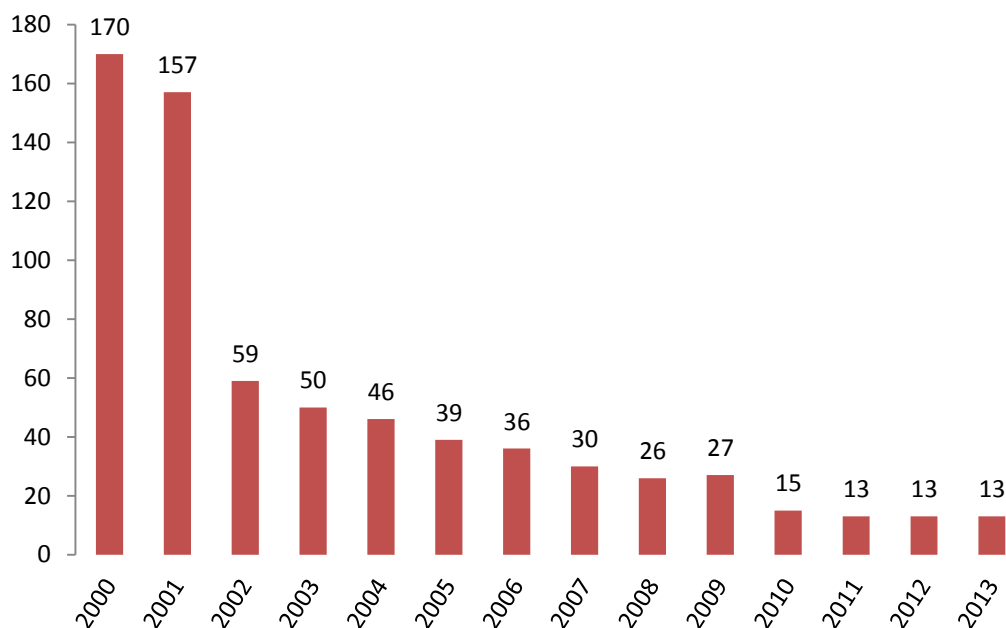
Prügilate sulgemine ja korrashoid Eesti territooriumil toimub vastavalt keskkonnaministri määrusele nr. 38, „Prügila rajamise, kasutamise ja sulgemise nõuded“ mis jõustus 15. 08. 2004. aastal (RTL 2004, 56, 938).

Tervise- ja keskkonnaohutuse tagamiseks tuleb jäätmekäitluskohtades nii jäätmete käitlemise ajal kui ka pärast käitlemise lõpetamist nii palju kui võimalik vältida või vähendada jäätmete ladestamisest ja ladestatud jäätmetest lähemas ja kaugemas tulevikus tuleneda võivat negatiivset mõju keskkonnale. Eelkõige pinna- ja põhjavee ning pinnase ja õhu saastamist, kasvuhooneefekti põhjustavate gaaside teket ja nendest mõjudest tulenevat ohtu inimese tervisele (RTL 2004, 56, 938).

Prügila käitaja on kohustatud korraldama pinna- ja põhjavee seiret ning veenduma, et prügila nõrgvesi, mis on ladestatud jäätmetest läbi nõrguv vedelik, ei ohustaks pinnase veevarusid. Kui prügilasse on ladestatud rohkesti gaasi tekitavaid orgaanilisi aineid tuleb teostada ka gaasiseiret ning prügila tuleb varustada gaasipüüde ja -kogumise seadmetega prügilagaasi kontrollimatu kogunemise ja väljaimbumise vältimiseks. Kogutud gaasi taaskasutatakse näiteks energia tootmiseks, vajadusel seda eelnevad töödeldes. Prügilagaas, mida ei ole võimalik taaskasutada põletatakse [<https://www.riigiteataja.ee/akt/108052013002>].

1.2 Prügilate sulgemine Eestis

Aastatel 2000 – 2013 on prügilate arv vähenenud 170-lt 13-le. (Joonis 1.) Vastavalt jäätmeseadusele lõppes hiljemalt 2009. aasta 16. juulil prügi ladestamine keskkonnanõutele mittevastavates prügilates ning kõik mittevastavad prügilad peavad olema suletud (RT I 2004, 9, 52). Vastavalt keskkonnaministri määrusele 29.04.2004 nr 38 „Prügila rajamise, kasutamise ja sulgemise nõuded“ § 62 lg 2, peavad kõik suletud prügilad olema korrastatud §-des 39–42 sätestatud korras hiljemalt 16. juuliks 2013 (RTL 2004, 56, 938).



Joonis 1. Prügilate arvu muutus aastatel 2000 – 2013. Allikas: Keskkonnaagentuur.

16. juulil 2009 suleti kümme viimast keskkonnanõuetele mittevastavat tavajäätmete prügilat: Oru, Käina, Sillamäe, Sõmeru, Adiste, Kudjape, Aardlapalu, Valga, Viljandi ja Räpo. Sulgemisele kuulusid ka Kohtla-Järve ja Kiviõli põlevkivitööstuse ohtlike jäätmete prügilad. [<http://www.envir.ee/1099445>]

Sulgemise järel tuleb jäätmeid hakata ladestama uutesse nõuetekohastesse prügilatesse. 2013. aasta seisuga töötab Eestis 6 tavajäätmeprügilat: Tallinn, Uikala, Paikre, Väätsa, Torma, Jõelähtme ning 7 ohtlike jäätmete prügilat. [<http://www.envir.ee/998>]

Keskkonnaministeeriumi andmetel oli varem Eestis 350 prügilat. Peaaegu igal suuremal asulal ja ettevõttel oli oma prügila ja neis puudus igasugune keskkonnavalve ja kontroll. Pärast Eesti iseseisvumist võeti tähelepanu alla ka keskkonnavalve tegevus ning hakati järjest sulgema keskkonnavalvet ja- reostust põhjustavaid prügilaid, alustati järelvalvet jäätmekoguste üle ja järjekindlalt on püütud mõjutada ka elanikkonna teadlikkust. [<http://www.envir.ee/1097125>]

1.3 Olmejäätmete kogus ja mõju keskkonnale

Kogu maailmas on olmejäätmete kogused pidevalt suurenenud, sest elanikkond tarbib üha rohkem. Olukorra ohjamiseks vajab valdkond õigusaktidega reguleerimist. Ladestatud prügi tekib järjest juurde ning see mõjutab ümbritsevat keskkonda. 2007. aasta Kanada statistikaandmete põhjal oli prügilagaas üks peamisi allikaid, mis suurendab metaani heitekoguseid atmosfääris. See moodustas umbes 20 % kogu riigi metaani heidetest. Olmejäätmete lagunemisel tekkivad metaani heitekogused moodustavad 82 % kogu jäätmete sektoris, see hõlmab ka heitvee käitlemist ja jäätmete põletamist. 1990 – 2007 suurenesid olmejäätmete heitekogused 16 %, vaatamata sellele, et prügilagaasi kogumine ja põletamine suurenes sama perioodi jooksul 71 %. Näiteks metaani hulk, mis koguti 2007. aastal olmejäätmete prügilast energia taastootmise eesmärgil, ulatus 28 %-ni prügila koguemissioonist, 1990. aastal see oli 21 %-i. (Environment Canada, 2009).

Eestis on püütud valdkonda vastavate seadusaktidega reguleerida ja see on toonud ka positiivseid tulemusi. Eesti Vabariigi jäätmeseaduse §7 järgi on olmejäätmed jäätmed, mis on kodumajapidamisjäätmed ning kaubanduses, teeninduses või mujal tekkinud oma koostise ja omaduste poolest samalaadsed jäätmed. (RT I 2007, 19, 94)

Olmejäätmete teke ja koostis sõltub otseselt majandusolukorrast ja tarbimisest, aga ka rahvastiku arengusuundadest (rahvaarv, paiknemine jms). (Keskkonnaagentuur, 2014)

Olmejäätmed moodustavad kogu riigi jäätmetekkest 3 %. Olmejäätmeid tekkis aastatel 2000–2011 keskmiselt 360 kg elaniku kohta. Olmejäätmete teke on alates 2008. aastast vähenenud. Selle üheks põhjuseks on olnud üldine majanduslangus ning ostujõu vähenemine, aga ka meetodilised muudatused olmejäätmete tekke arvestamisel, kui pöörati suurt tähelepanu pakendijäätmete õigele klassifitseerimisele (Keskkonnaagentuur, 2014).

Teiseks põhjuseks võib tuua selle, et olmejäätmete liigiti kogumise hüppeline suurenemine toimus 2008. aastal, mil hakkas kehtima sortimata olmejäätmete vastuvõtu ja ladestamise keeld kõikidele prügilatele [<http://www.envir.ee/1003>].

Euroopa Liidu jäätmekäitluspoliitika pikaajaline eesmärk on vähendada tekitatud jäätmete kogust ja, kui jäätmete teke on vältimatu, siis edendada selle kasutamist ressursina ning saavutada jäätmete ulatuslikum ringlussevõtt (taaskasutusmoodus jäätmetes sisalduvate ainete kasutamiseks) ja ohutum kõrvaldamine ning seega tuleb Euroopa Liidu jäätmete

raamdirektiivi 2008/98/EÜ järgi 2020. aastaks olmejäätmetes sisalduvast klaasist, paberist, metallist ja plastist korduskasutuseks ette valmistada või võtta materjalina ringlusesse 50% (Euroopa Liidu jäätmedirektiiv 2008/98/EÜ).

Nii jäätmete raamdirektiivis (2008/98/EÜ) kui ka jäätmeseaduses on kirjas, et jäätmehoolduses tuleb juhinduda jäätmehierarhiast.

Seni kehtinud kolmeastmeline jäätmehierarhia:

VÄLTIMINE



TAASKASUTUS



KÕRVALDAMINE

on direktiivis nüüd asendatud viieastmelise hierarhiaga:

VÄLTIMINE



ETTEVALMISTUS KORDUSKASUTUSEKS



RINGLUSSEVÕTT



MUU TAASKASUTUS



KÕRVALDAMINE

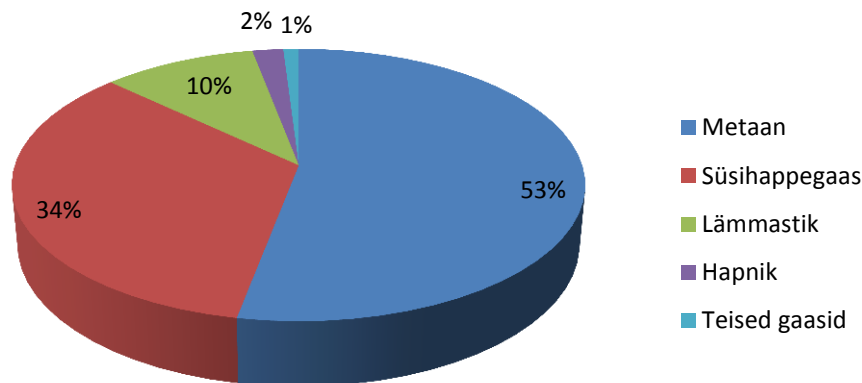
Hierarhia kohaselt tuleb esmajärjekorras jäätmeteket vältida ja kui see osutub võimatuks, tuleb jäätmeid nii palju kui võimalik ette valmistada korduskasutuseks, siis ringlusse võtta ja muul viisil taaskasutada, et ladestada prügilasse võimalikult vähe jäätmeid. Tegemist on direktiivist lähtuva põhimõttega, mille järgimist eeldatakse kõigilt Euroopa Liitu kuuluvatelt liikmesriikidelt. [<http://www.envir.ee/1189790>]

2. Prügilagaasi teke ja allikad

Prügilagaas on igasugune gaas, mis tekib prügilasse ladestatud jäätmetest (RTL 2004, 56, 938).

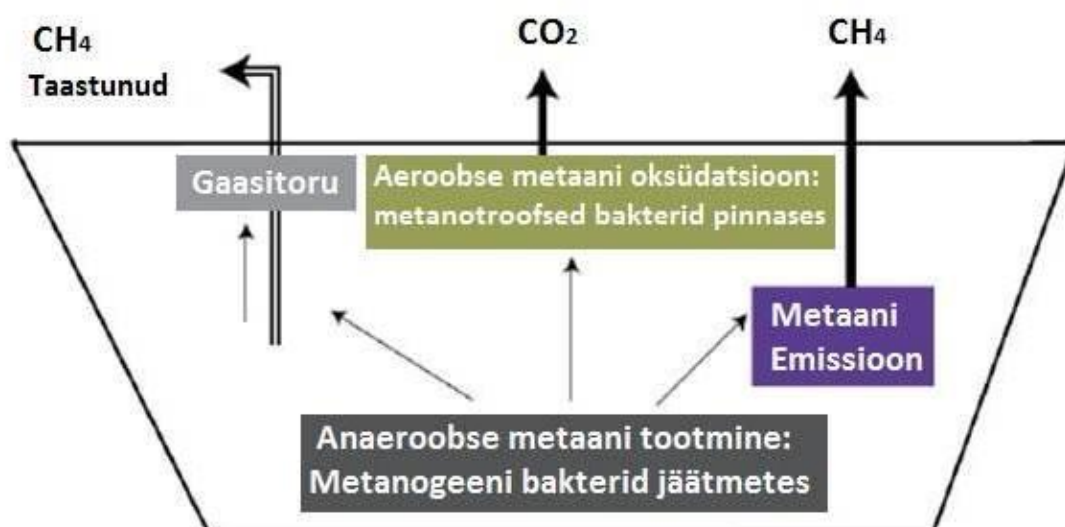
Joonisel 2 on kujutatud prügilagaasi koostist anaeroobsetes tingimustes. Kui olmejäätmed on ladestatud prügilasse, siis pärast seda hakkavad toimuma reaktsioonid, kus anaeroobsed mikroorganismid lagundavad osa orgaanilisest osast süsinikdioksiidiks ja metaaniks.

Lisaks sisaldab prügilagaas väikeses koguses lämmastikku, hapniku ja teisi lenduvaid orgaanilisi ühendeid [<http://www.greenfieldtechnical.com/6.html>].



Joonis 2. Prügilagaasi koostis. Andmed: Greenfield, 2014.

Metaani võib koguda ja põletada või töödelda ümber energiaks. Viimase puhul oksüdeerub metaan süsihappegaasiks. Metaani saab ka oksüdeeruda süsinikdioksiidiks metanogeneesi bakteri abil prügila pinnases. Seetõttu süsinik eraldub prügila pinnases või hoopis eraldub metaaniks või süsinikdioksiidiks. (Hilger & Barlaz, 2001)



Joonis 3: Prügila pinnases oleva metaani tasakaal (Bogneri järgi, 2007)

Gaasi kvaliteet (mida kõrgem metaani sisaldus seda kõrgem kvaliteet) sõltub paljudest teguritest: jäätmete koostisest, hapniku sisaldusest, temperatuurist, prügilademe geoloogiast ja ajast (Young, A., 1992).

Kuna prügilagaasi teke ei peatu, suureneb pidevalt rõhk prügila pinnases ning sealt eraldub gaas edasi atmosfääri. Selline pidev heitegaasi eraldumine mõjutab kindlasti keskkonda, ümbritsevat õhkkonda ja elanikkonna turvalisust (J. Brosseau, 1994).

1986. aastal juhtus Inglismaal Loscoes õnnetus, kus suletud prügila oli kinni kaetud ja sellel puudus igasugune õhutis. Suure metaani kontsentratsiooni tõttu prügilademes tekkinud plahvatuses sai läheduses asuv talumaja kannatada (Williams & Aitkenhead, 1991).

Prügilagaasi ohtlikuse tõttu on kindlasti vaja läbi viia regulaarset monitooringut tekkinud gaasi kohta, kuna on olemas risk tulekahjudeks ja plahvatusteks, mis omakorda võib põhjustada põhjavee saastumist (Kerfoot, 1999).

Aeroobses keskkonnas sõltub süsinikdioksiidi sisaldus hapniku sisaldusest keskkonnas. Aeroobses keskkonnas (nt tüüpiline tegutsevprügila), toodetakse metaani ja süsinikdioksiidi võrdsetes kogustes, seega on olemas sobilik keskkond gaasi tekkeks. Metaan on oluline prügilagaasi komponent, tema kütteväärtus on 33.95 MJ/Nm^3 , see annab eelise toota elektrienergiat (Scottish Environment Protection Agency, 2002).

USA-s läbi viidud uuringust selgub, et prügilate loomise vastu olevad inimesed väidavad, et mõni aeg pärast prügila sulgemist võib prügilagaasi teke taas suureneda, kui jäätmete massi imbub sisse nõrgvesi ning selle tulemusena gaasi tekke määr on võrdne või isegi suurem maksimaalsest gaasimäärast. Need väited on USA Keskkonnakaitse Agentuuri poolt ümber lükatud, sest ükski siiani läbiviidud uuring ei tõesta seda. On ammu teada, et prügilagaasi teke väheneb aja jooksul ning langeb kuni ebaolulise tasemeni, 20 aasta pärast on gaasiemissioon vähenenud ligikaudu 60 %. Gaasi maksimaalsed määrad saavutatakse kahe aasta jooksul pärast prügila sulgemist (Sullivan, 2010).

Prügilagaasi tekke koguste hindamiseks kasutatakse Ameerika Ühendriikide Keskkonnakaitse Agentuuri poolt koostatud mudelit Landfill Gas Emission Model (LandGEM), kus spetsiaalse arvutusprogrammi abil on võimalik arvutada maksimaalne prügilagaasi teke [<http://www.environmenttools.co.uk/directory/tool/name/landgem/id/120>].

2.1 Prügilagaasi kogumine

Gaasi teke prügilas algab kui ladestukeha paksus on 4 – 6 meetrit. Prügila servaaladelt kogutud gaasis võib leiduda ka atmosfääri gaase nagu hapnikku ja lämmastikku. Gaasi kogumissüsteemi liigitatakse kaheks:

1. Passiivne gaasikogumissüsteem
2. Aktiivne gaasikogumissüsteem
 - a. Horisontaalne torustik (Joonis 4, lk 14)
 - b. Vertikaalne torustik (Joonis 5, lk 14)

Prügilagaasi kogumiseks kasutatakse kas vertikaalselt või horisontaalselt paigaldatud gaasikogumistorusid, mis on ühendatud ühtsesse süsteemi. Juba olemasoleva prügila korral, saab kasutada ainult vertikaalset süsteemi. Spetsiaalselt projekteeritavatel prügilatel võib kavandada juba eelnevalt gaasikogumissüsteemi ka horisontaaltorudest koosnevana [https://www.globalmethane.org/documents/events_land_20080331_7lfgcollection_en.pdf].

2.1.1 Passiivne gaasikogumissüsteem

Passiivsed gaasikogumissüsteemid kasutavad olemasolevaid ressursse prügilas. Prügila rõhu ja gaasi kontsentratsiooni koosmõjul väljub gaas prügikeha seest atmosfääri või kogumissüsteemi. Passiivset kogumissüsteemi saab paigaldada nii tegutsevasse prügilasse kui ka pärast sulgemist. Süsteem kasutab paigaldatud kogumistorusid, et hoiustada gaasi [http://www.epa.gov/region05/waste/solidwaste/projects/landfill-gas-training-200504/part2lf_gas_mgmt_section6.pdf].

Passiivne kogumissüsteem paigaldatakse tavaliselt prügila äärealadele, kus on madala läbilaskvus võimega pinnas või kus on aastaringselt madal põhjaveetase (Conestoga-Rovers & Associates, 2010).

2.1.2 Aktiivne gaasikogumissüsteem

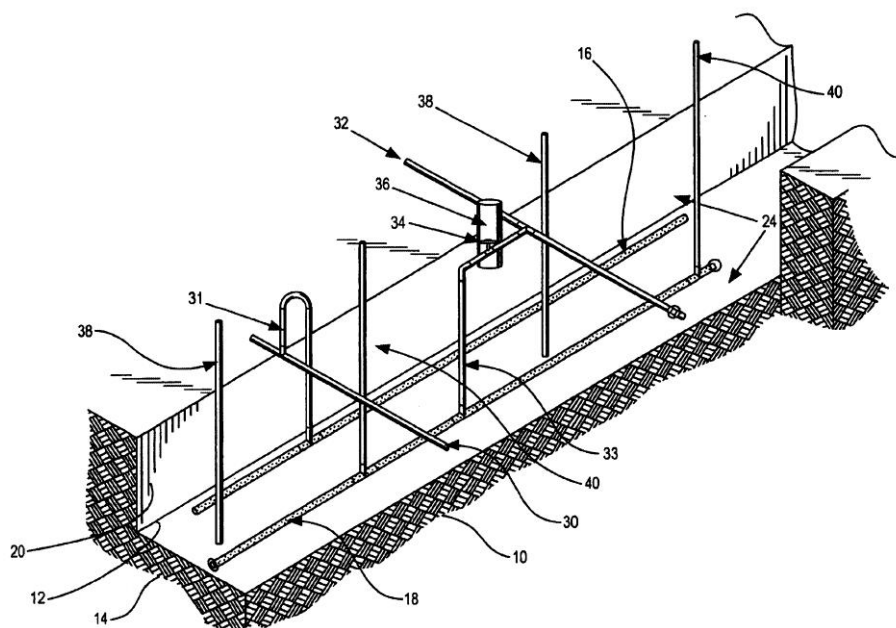
Kõige tõhusamaks prügilagaasi kogumise meetodiks peetakse aktiivset gaasikogumissüsteemi. See süsteem jaguneb gaasikogumistorustike paigalduse põhjal kaheks: vertikaalne ja horisontaalne süsteem. Erinevalt passiivsest süsteemist on gaasikaevudel ventiilid, et reguleerida gaasikogust ja võtta gaasiproove. Proovivõtu süsteemi paigaldamine võimaldab mõõta gaasi teket, selle koostist ja rõhku. Aktiivsesse gaasikogumissüsteemi kuulvad

võimenduskompressorid või pumbad, et gaas liiguks läbi prügilatorustiku põletuskorstnasse või gaasigeneraatorisse, sõltuvalt prügilagaasi tekke intensiivsusest. Gaasipumbad tekitavad kogumiskaevudes madalrõhu, mis soodustab gaasi liikumist torudes. Gaasikogused sõltuvad kompressorite suurusest, võimsusest, hulgast ja esmajärjekorras pinnasesse ladestatud prügist. Prügilagaasi tekke kohta on vaja jooksvalt koguda pidevalt informatsiooni, et prügila käitaja saaks hinnata tekkivat gaasi kogust ja jaotumist ning reguleerida vastavalt pumba- ja kogumissüsteemi ning gaasiklappe, et toimuks kõige efektiivsem gaasikogumine. Võimaluse korral tuleb juba eelnevalt süsteemi projekteerides ja paigaldades arvestada prognoositavate gaasi kogusega või prügila laiendusega [http://www.afs-group.co.uk/what_gas.php].

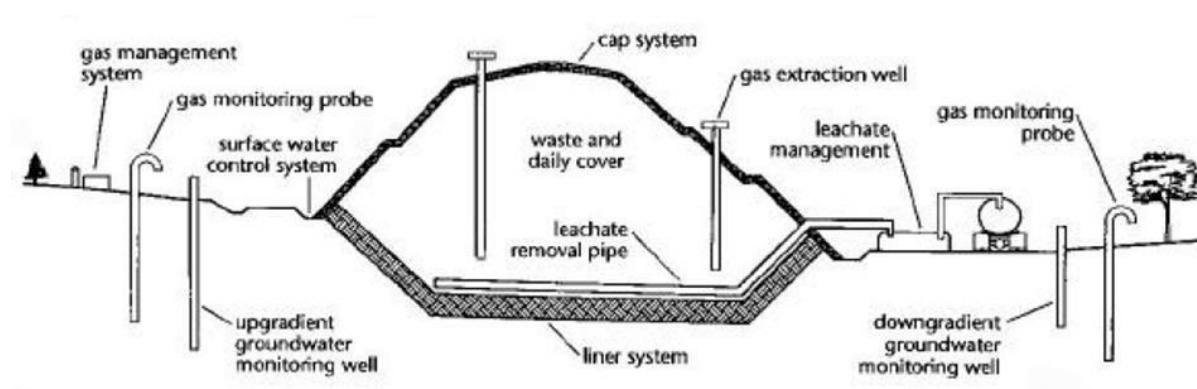
Aktiivse kogumissüsteemi peamisi eeliseid on see, et toimub ressursside taaskasutus - tootes energiat, mille käigus on võimalik mõjutada oluliselt meid ümbritsevat keskkonda, vähendades õhku paisatavaid heitekoguseid ja saada ühtlasi ka müügitulu (Conestoga-Rovers & Associates, 2010).

2.1.3 Horisontaal – ja vertikaal gaasikogumissüsteemi võrdlus

Horisontaalorustik	Vertikaalorustik
Kohene gaasikogumine	Saab paigaldada pärast ladestamise lõppemist
Kallim paigaldada	Odavam paigaldada
On parema investeeringu tasuvusega	Efektiivsem gaasi imemisvõime, töökindlam
Saab paigaldada ka tegutsevasse prügilasse ning ei sega hiljem selle protsesse.	Torusid tuleb kaitsta, kui prügi ladestatakse torude kõrvale



Joonis 4. Horisontaalne prügilagaasi kogumissüsteem. (TTÜ prügilavee uuring)



Joonis 5. Vertikaalne prügilagaasi kogumissüsteem (UNEP, 2002).

Prügilagaasi kogumise efektiivsus on võrdne kogutud gaasi ja prügila tegeliku gaasi tootlikkuse suhtega. USA Keskkonnakaitse Agentuur (USEPA) kasutab sageli gaasi kogumise tõhususe arvutusi selleks, et reguleerida prügila heitekoguseid (USEPA, 1997).

2.2 Prügilagaasi kasutamine

Juba mitmeid aastaid on prügilagaasi kasutatud elektri tootmiseks, katelde või ahjude kütmiseks või maagaasi asendajana, viimasel juhul tuleb gaasi enne kasutamist töödelda. Huvi taastuvate energiallikate vastu suureneb pidevalt ning märgatav tõus on toimunud just prügilagaasi kasutamisel. Investeeringud taastuvenergiasse on suurenenud, selle peamiseks põhjuseks on see, et ühiskond on teadvustanud fossiilkütuste ressursi vähenemist. Lisaks on tehnoloogia odavnenud ja energia müügihind soodustab prügilagaasi kasutamist (Conestoga-Rovers & Associates, 2010).

Prügilagaasist taastoodetud energia pakub konkurentsi teistest fossiilsetest kütustest toodetud energiallikatele. See fakt on toonud laialdase toetuse prügilagaasi energia projektidele. Prügilagaasi kasutamine energiana vähendab kasvuhoonegaaside heitekoguseid, mis pidurdab keskkonna saastatust ja kliimasoojenemist ning toodetud energiat saab kasutada fossiilkütuste asemel (Sullivan, 2010).

Varasemate uuringute põhjal on hinnatud gaasiheidete mõju globaalsoojenemisele ning on välja arvatud, et 1 kg metaani toime on võrdne 21 kg fossiilse süsihappegaasiga ja 1 kg lämmastikku on võrdne 310 kg fossiilse diämmastikoksiidiga (Hejungs, 1992).

Käesoleval ajal motiveeritakse prügilagaasi kasutama rahaliste toetustega, mis on parem kui lihtsalt oodata pikaajalise investeeringu äratasuvust. Peaaegu kõik prügilagaasist elektritootmise projektid on saanud toetusi, probleemiks on pigem aeglane gaasitekke protsess, mille tõttu ei toimu pidev energia tootmine. Just seepärast on vajalikud prügilagaasi tekkeproгноosi uuringud, et oleks teada kuidas tekkivat gaasi kasutada (Conestoga-Rovers & Associates, 2010).

2.2.1 Prügilagaasi kasutamine Eestis

Eestis kogutakse biogaasi võimaluste piires ning põletatakse, et vähendada maakerale langeva soojuskiiruse ekraniseerimist ehk kasvuhoone efekti, sest prügilagaasi komponendiks olev metaan on uuemate uuringute põhjal kuni 23 korda efektiivsema globaalse soojenemise potentsiaaliga kui süsihappegaas, saja aastase ajavahemiku jooksul (Lohila, 2007).

Aastatel 2007-2010 toimus biogaasi tootmine 71 % ulatuses prügilagaasist, 23 % ulatuses reoveesetest ning ülejäänud kääritati sealäga. Praeguse seisuga kogutakse prügilagaasi Väätsa, Jõelähtme, Uikala, Pääsküla, Paikuse, Aardlapalu ning Rääma prügilates. 2010. aastal põletati kogutud prügilagaasist 46,9% ning ülejäänud läks soojus- ja elektrienergia tootmiseks [http://www.energiatalgud.ee/index.php?title=Biogaasi_energeetiline_ressurss].

2010. aastal Tallinna Tehnikaülikooli Keskkonnatehnika instituudi poolt läbi viidud uuringus analüüsiti prügilate keskkonnamõju hindamist olusringi hindamise mudeli alusel, kasutades andmeid gaasi kogumise ja nõrgvee puhastamise kohta Väätsa, Uikala ja Jõelähtme prügilates. Tulemused näitasid, et kooskõla saavutamiseks keskkonnakaitse eesmärkidega peavad kõik Eesti prügilad rakendama töösse biogaasist roheline energia tootmiseseadmed ja võtma kasutusse efektiivsed nõrgvee puhastamiseadmed. Samuti on väga tähtis ehitada prügilagaasi ning nõrgvee kõrgetasemelised ja nüüdisaegsed kogumissüsteemid (Loigu, 2010).

3. Aardlapalu prügila

Aardlapalu prügila võeti kasutusele 1971. aastal tavajäätmete prügilana. Prügila asub linnapiirist umbes viis kilomeetrit lõunas, haldusüksustest Ülenurme ja Haaslava valdade vahel jaotuva Aardla poldri territooriumil. Prügila territooriumi suurus on 28,9 ha, millest jäätmelade võtab enda alla 14 ha. Prügimäe kõrgus on 8 m, ladestusala mõõtmed põhja-lõuna suunas ca 350 m ja ida-lääne suunas ca 500 m.

Prügilat ümbritseb lõunast riigimaale jääv metsamaa ning ülejäänud osas haritav maa ning looduslik rohumaa. Lähimad elamud (Mäeotsa ja Langemäe) on u 500 m kaugusel ida suunas. Ida suunas (u 650 m) asub Haaslava – Vana-Kuuste kõrvalmaantee ja läänes Tallinna–Tartu–Võru–Luhamaa põhimaantee (1,4 km) ning Põlva–Reola tugimaantee (1,1 km). Prügilast möödub põhja-lõuna suunaliselt ka Tartu–Põlva raudtee. Aardla poldri kaitsetammi pikkus on 5,5 km ja poldri pindala 800 ha. Poldrile on rajatud kuivenduskraavide võrk, kraavidevahelised alad on kuivendatud drenaažiga.

Jäätmed on prügilas ladestatud kahte lamedasse valli. Vallide vahel asub teenindustee. Prügila lääneosas asus varem fekaalitiik, mis on likvideeritud prügiga täitmise teel. Prügi ladestamisel kasutati viimasel viiel aastal jäätmete laiali ajamiseks ja tihendamiseks kompaktorit. Prügimäe

nõlvad on enam-vähem tasased ja ühtlase nõlvusega 1:4...1:5. Erinevate tehniliste lahenduste kasutamise tõttu on ladestu erinevad kihid tänaseni erineva tihedusega. Prügila projektdokumentatsiooni eri aegadest pärinevates lisadokumentides on jäätmete keskmine tiheduse erinevus kuni 1,5 korda.

2009. aastal 16. juulil suleti Aardlapalu prügila jäätmete ladestamiseks. Vastavalt nõuetele tuli prügila korrastada hiljemalt 2013. aasta 16. juuliks. [<http://www.envir.ee/1097125>]

2012. aastal ehitati prügilasse biogaasi kogumis- ja niisutussüsteem Doranova Baltic OÜ poolt, kes praegu tegeleb ka prügila haldamisega. Aardlapalu prügilasse ladestatud prügi kogused alates 1991. a on esitatud Tartu Linnavalitsuse statistilistele andmetele tuginedes (tabelis 1.) Prügilasse on ladestatud nii tava- kui ohtlikke jäätmeid. Täpsed andmed prügilasse ladestatud jäätmeliikide ja koguste kohta enne 1998. aastat puuduvad.

Tabel 1. Aardlapalu prügilasse ladestatud jäätmekogused. Allikas: Keskkonnaministeeriumi info- ja tehnokeskuse jäätmestatistikast

Aasta	Prügi kogus tonnides	Segaolmejäätmed
1991	62 700	
1992	44 176	
1993	35 596	
1994	36 696	
1995	40 096	
1996	39 739	
1997	36 280	
1998	44 184	
1999	45 027	
2000	43 765	40 467
2001	45 982	38 356
2002	53 698	52 954
2003	58 312	51 757
2004	64 323	51 876
2005	66 419	47 009
2006	68 736	50 460
2007	66 815	49 040
2008	53 935	40 538
2009	22 896	17 000

2008. aasta lõpuks oli Aardlapalu prügilasse ladestatud hinnanguliselt ca 1 000 000 m³ jäätmeid. Ladestatud jäätmete keskmine tihedus on 2002.–2007. aasta seire andmetel 1,2 t/m³.

3.1 Teostatud uuringud

Tekkiva gaasikoguste prognoosi ning kogumise otstarbekust on uuritud järgmiste tööde käigus:

- Tartu Aardlapalu prügila sulgemisprojekti keskkonnamõju hindamine, OÜ Alkranel, Tartu, 2008-2009
- Aardlapalu prügilas aastatel 2010-2050 tekkiva prügilagaasi (sh eraldi metaani) koguste prognoosimine, OÜ Ecotech, Tartu, 2010
- Gas engineering survey, FID Emission Measurements, November 2010 Tartu Aardlapalu landfill, Detes Scandinavia Oy, 2010
- Aardlapalu prügila gaasi mõõtmine. Doranova Baltic OÜ, Tartu, 2010
- Tartu Aardlapalu prügila sulgemine. Prügilagaasi kogumine, Doranova Baltic OÜ, Tallinn, 2011

3.1.1 Gaasikoguste prognoos

Aardlapalu prügila ei vastanud 2009. aastal jäätmekäitluskohtadele kehtestatud nõuetele ja vastavalt jäätmeseadusele tuli prügilas lõpetada jäätmete ladestamine hiljemalt 16.07.2009. Prügila tuli korrastada vastavalt nõuetele hiljemalt 16.07.2013. Sellega seoses tellis Tartu Linnavalitsus 2008.aastal prügila sulgemisprojekti keskkonnamõju hindamise Alkranel OÜ-lt. Lisaks üldisele keskkonnamõjule uuriti prügilagaasi kogumise otstarbekust. Tekkekoguste hindamisel kasutati U.S EPA poolt koostatud mudelit Landfill Gas Emission Model (LandGEM) v-3.02. Sisendina kasutati järgmisi andmeid:

- ladestatud jäätmekogused 1971–1990 27 000 t/a, 1991–2007 vastavalt jäätmestatistikale, 2008. a 66 000 t ja 2009. aastal 33 000 t. Prügilasse ladestatud jäätmetest on segaolmejäätmeid ja muid olulises koguses orgaanilist ainet sisaldavaid jäätmeid 60%;
- prügilagaas sisaldab metaani mahuliselt 55%;
- lagunemisprotsessi kiirust iseloomustav konstant $k = 0,05$;
- metaani tekkepotentsiaal on 170 m³ tonni prügi kohta

Tekkiva gaasi koguste hinnang on ligikaudne, kuna suure osa kohta prügila käigusoleku ajast puuduvad usaldusväärsed andmed ladestatud prügi koguste ja koostise kohta. Alkranel OÜ poolt teostatud uuringust selgus, et arvestades tekkivaid gaasikoguseid on vajalik gaasi kogumissüsteem rajamine. Vastasel korral võib prügilast väljuv gaas kergitada rajatavat prügila kattekihti ning takistada taimestiku arengut prügila pinnal (Alkranel OÜ, 2009).

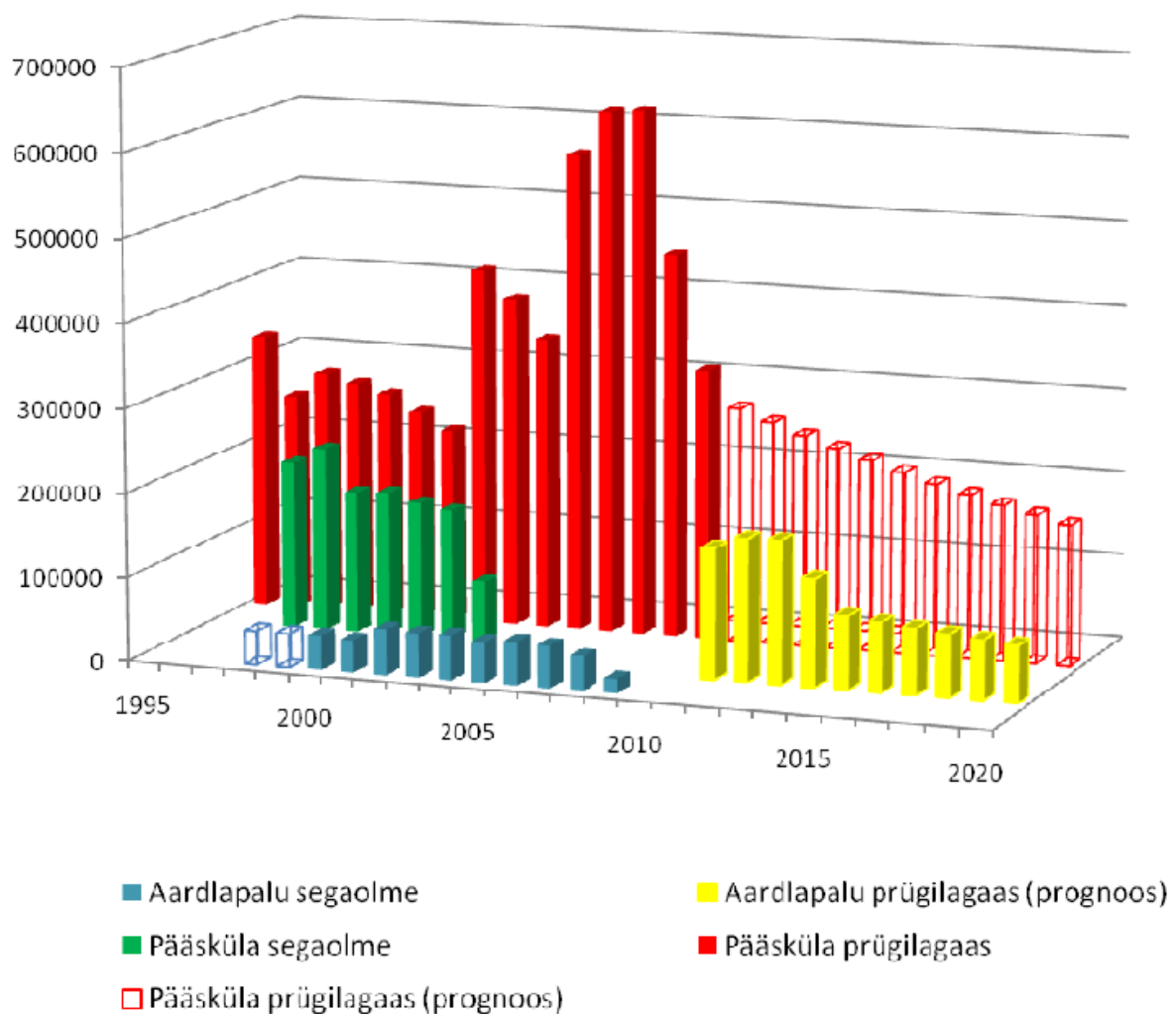
Suurbritannias läbi viidud uuringu põhjal on prügilagaasist üle poole moodustav metaan suures koguses sissehingamisel eluohtlik. Metaan kuulub kasvuhoonegaaside hulka ja tema mõju kliima soojenemisele hinnatakse nende andemete põhjal 21 korda kõrgemaks kui süsinikdioksiidil, seepärast põletatakse gaasi ka juhul, kui sellest saadavat soojust ei kasutata [www.environment-agency.gov.uk].

Kavandatud gaasikogumissüsteemi rajamisel ületatakse suure tõenäosusega prügila territooriumil metaani sisalduse piirväärtusi välisõhus, see võib ohustada inimeste tervist planeeritavas jäätmejaamas ja jäätmete kompostimisväljakul. Vajalik on korraldada prügilagaasi kogumine ja utiliseerimine, mis ühtlasi vähendab kasuhoonegaaside emissiooni prügilast. Aardlapalu prügila puhul on soovitatav kasutada horisontaalset kogumissüsteemi, mis on odavam ja sobib muutuva koostisega jäätmelademe korral, kus vertikaalsed torud võivad sattuda inertsete jäätmete tsooni ja seega on väheefektiivsed (OÜ Alkranel, 2009).

Uuringu läbiviija leidis, et arvestades prügila kaugust asustusest ja ressursi piiratust võib gaasi kasutamine energia tootmiseks osutuda majanduslikult ebaotstarbekaks ja sobivam on rakendada prügilagaasi põletamist (OÜ Alkranel, 2009).

2010. aastal tellis Tartu Linnavalitsus lisauuringu gaasikoguste prognoosi kohta, sest sulgemisprojekti keskkonnamõju hindamise aruande põhjal ei saanud gaasikogumissüsteemi paigaldama hakata (Mauer, suulised materjalid).

Ecotech OÜ poolt läbiviidud uuringus kasutati võrdlevat analüüsi. Võrreldi toimiva gaasikogumissüsteemiga prügilas ladestatud jäätmekoguseid ja muid olulisi parameetreid ning prognoositi prügilagaasi teket suletavas Aardlapalu prügilas (Joonis 6).



Joonis 6. Segaolemejätmete ladestamine Aardlapalu ja Pääsküla prügilates (tonnides), Pääsküla prügilas kogutud prügilagaasi kogused ($\times 10 \text{ nm}^3$) ja prügilate prügilagaasi produktsiooni prognoos 2010–2020 ($\times 10 \text{ nm}^3$). Allikas: (OÜ Ecotech, 2010)

Aardlapalu prügilagaasi koguseid prognoositakse võrdluses prügilagaasi kogustega Pääsküla prügilas. Võrdluskoefitsendiks on prügilatesse viimasel 7 tegevusaastal ladestatud segaolemejätmete (ja teiste olulist metanogeneesi toetavate jäätmete) kaaluliste koguste suhe. Sellel perioodil ladestati Aardlapalu prügilasse 3,7 korda vähem jäätmeid kui Pääskülasse. Prügilagaasi koguse prognoosi saamiseks jagati Pääsküla kogused massikoefitsendiga. Samuti kalkuleeriti prügilagaasi teket prügila sulgemisele järgneval perioodil ja pikal stabiilsel metanogeneesi perioodil, kus arvestuslikuks aastaseks orgaanilise aine vähenemise koefitsendiks on 0,05 ehk igal aastal väheneb biogaasi kogus umbes 5% (OÜ Ecotech, 2010).

Selle põhjal tekib 2013. aastal prügilagaasi 1700 000 m³ ja 2014. aastal 1 278 000 m³, kuna on teada, et vahetult pärast prügila sulgemist on metaani kogused kõige suuremad ning pärast seda hakkavad heitkogused langema.

Uuringust selgus, et kasutatud võrdlusmeetodil saadud prügilagaasi ja metaani koguste prognoosid on oluliselt tagasihoidlikumad, kui seda oli LANDGEM teoreetilist mudelit kasutades. Sellest hoolimata leidis analüüsija, et kogutavad metaanikogused on piisavad energia tootmiseks eeldusel, et ehitatakse välja gaasikogumissüsteem koos niisutussüsteemiga. Samuti leiti, et gaasikogumiseks tuleks kasutada üksnes horisontaalset süsteemi, mis on ühes tasapinnas ja rajatakse prügila sulgemisel tehnilistest võimalustest lähtudes kuni 4 meetri sügavusele prügilakeha sisse. Soovituseks tehti ettepanek, et prügila pinnast tuleks muuta õhukindlamaks, sest see soodustaks anaeroobset protsessi (OÜ Ecotech, 2012).

2010. aastal viis Aardlapalu prügilas läbi uuringu Detes Scandinavia Oy ja saadi esialgsed andmed täpsetest gaasikogustest. Töös määrati heitekoguste hulk prügila pinnases ja sellega külgnevatel välialadel. Samuti mõõdeti välisõhuparameetreid, et hinnata paigaldatud gaasikogumiskihtide läbilaskvust. Gaasikoguste mõõtmiseks kasutati kaasaskantavat Type Portafid M2 leekionisatsioonidetektorit (FID), mis tuvastab väga hästi metaani. Nimelt suunati väljundgaas vesiniku leeki, kus elektriväljas orgaanilised komponendid ioniseeruvad ja mõjutavad leegi elektrijuhtivust ning registreerivad ainult põlevaid ühendeid. Välisõhu parameetrite mõõtmiseks püstitati ajutised mõõtejaamad ning hinnati käärimisprotsessi pinnases ja taimestikus olevat gaasikogust, mis soodustab kasvuhooneefekti (Detes Scandinavia Oy, 2010).

Detes Scandinavia Oy poolt teostatud uuringust selgus, et prügila pinnases esinevad selged erinevused. Nimelt prügila pinnal on väga kõrge gaasi kontsentratsioon, mis kujutab endast suurt riski ja võib tekitada plahvatusohtliku olukorra. Gaasi kogumise kiht on väga läbilaskev ja tugevat metaani lõhna oli kogu aeg tunda. Kõrgete heitekogustega piirkonnad on välja toodud punase ja mustaga märgistatud aladel (vt lisa 1, joonis 3). Samuti leiti, et pinnase suur läbilaskevõime võib teatud tingimustel kujutada endast märkmisväärset ohtu inimesele. Uuringus kogutud andmete analüüsist selgus, et Aardlapalu prügila sisaldab kogu prügila ulatuses suurel hulgal gaasi. Kogutavaks gaasikoguseks hinnati 300m³/h kuni 500m³/h, sõltuvalt kompressori võimsusest. Prügilagaasi mahulisteks kogusteks hinnati 50% metaani, 30% süsihappegaasi ja 20% muid gaase.

Detes Scandinavia Oy soovitas paigaldada vertikaalse gaasikogumissüsteemi, arvestada prügila sügavust ja mitmekesisust, sest see tingiks kõrgema gaasikogumise efektiivsuse, reguleeritavuse

ja süsteemile pikema eluea. Horisontaalne süsteem ei ole soovitatav, kuna selle süsteemi nõrkusteks on torudesse tekkivad vesilukud, nende purunemine ja nendesse kogunev hapnik.

Aardlapalu prügila sulgemisprojekti peatöövõtjaks on AS Merko Ehitus, kes võttis alltöövõtjaks Doranova Baltic OÜ, kelle ülesandeks sai projekteerida ja ehitada Tartu Aardlapalu prügila biogaasi kogumis- ja niistussüsteem, lähtudes DETES Scandinavia Oy uuringust.

Doranova Baltic OÜ viis läbi lisauuringu, eesmärgiga hinnata metaanisisaldust gaasikaevudes. Oluline on ära märkida, et gaasikogumissüsteem ei olnud lõplikult valmis ning süsteemis regulaarset gaasi imemist ei toimunud.

Mõõtmise teostati seadmega GA2000- SIRA No. EX 98E2257X, millele oli juurde lisatud kahe-meetrine teflontoru. Pikendus oli vajalik selleks, et võimaldada kaevudes sügavamalt paremaid mõõtmistulemusi. Mõõteriist kalibreeriti iga mõõtmise eel värske õhu käes. Mõõtmistulemused on esitatud alljärgnevas tabelis 2.

Tabel 2. Aardlapalu prügilagaasi protsentuaalne koostis. (Doranova Baltic OÜ, 2011)

Kaevu nr	CH ₄ -%	CO ₂ -%	O ₂ -%	BAL-%	H ₂ S-ppm	CO-ppm	Baro Press	Rel. Press
1	53,8	30,4	0	15,2	0	0	1012	-001,56
2	64,3	32,2	0	3,4	1	0	1012	-001,51
3	71,6	31,1	3,2	0	20	55	1013	-001,43
8	69,3	37,2	0	0	18	86	1013	-000,86
4	65,7	32,8	1,2	2,4	45	286	1013	-000,54
5	68,3	34,3	0,3	0,1	28	97	1014	+003,21
6	61,2	39,8	0,2	0	152	843	1014	-000,47
12	64,5	40,6	0,2	0	-	-	1013	-000,36
20	67,7	36,6	0,2	0	29	197	1014	-001,56
13	63,2	40,3	0,1	0	49	208	1013	-003,24
19	68,8	36,4	0,1	0	8	63	1014	-001,44
14	67,7	39,3	0,2	0	26	160	1014	-001,00
18	68,0	37,2	0	0	22	154	1014	-001,38
17	69,4	34,5	0	0	10	82	1014	-001,60
16	48,5	26,1	2,2	24	8	30	1015	-001,70
15	63,6	36,7	0,8	0	20	109	1014	-001,66
10	64,8	39,4	0,2	0	60	368	1015	-001,37
11	63,8	40,5	0,14	0	-	-	1014	-001,55
7	68,0	0,2	0,1	0	120	863	1012	-001,13
9	32,8	24,9	0,4	38,1	12	51	1015	-001,64

Tabelist on näha, et kaevudes oleva metaani kontsentratsioon on kõrge ja gaasi kogumine on otstarbekas. Keskmise metaani sisaldus kaevudes on üle 63 %, enamasti üle 65 %. Kaevu nr 9 madala metaanisisalduse põhjus võib olla eelnevates suurtes pinnasetöodes, kuna antud

piirkonda transporditi jäätmeid sulgemisele eelneval perioodil ning anaeroobsed protsessid pole jõudnud veel hästi käivituda (Doranova Baltic OÜ, 2011).

3.1.2 Doranova Baltic OÜ poolt kogutud gaasinäitajad

Aardlapalu prügilale paigaldati 20 gaasikaevu. Gaasikaevude arvestatud kogumisraadius on 35 m. Tavaliselt on arvestuslik kogumisraadius vahemikus 25 – 40 meetrit. Kaevude asukohad on esitatud joonisel 5 (vt lisa 1, joonis 5). Gaasikaevude sügavus varieerub kuna prügi kiht on prügila keskel kõrgem kui äärtes. Gaasikaevude põhjad peavad jääma kõrgemale pinnasevee tasemest.

Tabel 3. Gaasinäitajad perioodil 2012 – 2014. (Tartu linnavalitsus; Doranova Baltic OÜ, 2014)

	x	2012					2014			Kokku
Ajavahemik	teadmata	02.07-01.08	01.08-31.08	31.08-01.10	01.10-31.10	31.10-31.11	29.12-30.01	30.01-28.02	28.02-31.03	-
Kogutud gaasimaht perioodis, (m³)	70 675	11359	21004	195858	87233	67819	8050	44424	90481	1064065
Gaasimaht, (m³/h)	-	63.9	168.2	311.3	159.7	185.6	167.7	165.8	157.9	-
Keskmine metaani sisaldus, (%)	-	35 %	32 %	46.2%	55 %	54 %	51.7%	53.1%	50.4%	-
Põleti töötunnid, (h)	365	175.8	114.9	639.3	546	367	48	267	547	5586
Niisutus pumpla töötunnid, (h)	4	100	106	244	420	602	80	144	134	5737

Prügilagaasi kogumis- ja niistussüsteem sai valmis 2012. aasta juuli algul. Siis alustati esmakordselt pinnase niisutamise ja gaasi kogumisega. Algselt olid tulemused kehvad, sest prügila pinnast ja metaanibaktereid tuleb harjutada intensiivse gaasi kogumisega ning seetõttu imeti vähem gaasi. Imemise võimsus peaks olema 150-200 m³/h, see tagab optimaalse

gaasihulga, millega energiat toota ning ühtlasi tagab energia tootmise jätkusuutlikkuse järgneva kümneks aastaks (Nõlvak, suulised materjalid).

Tabelis 3 on näha, et niisutamise intensiivsuse tõstmisega on suudetud metaani kontsentratsiooni tõsta ning selle püsivus säilitada. Süsteemi algfaasis kasutati vähem vett, et ära hoida kanalite tekkimist, hiljem tuleks tagada niisutusvee pidev vool. Paigaldatud süsteem on reguleeritav, see aitab saada üldist gaasi kontsentratsiooni paremaks. Et gaasi kvaliteet ei langeks, tuleb jälgida ja muuta iga gaasikaevu optimaalset vooluhulka. Siiani on gaasi ainult põletatud ning tabelist on näha, et kogutud gaasikogus on sõltuv gaasipõleti töötundide arvust, mida rohkem gaasi imetakse seda rohkem tuleb seda põletada. Seetõttu ei tasu praegu gaasi imeda üle $150\text{m}^3/\text{h}$, sest see oleks ressursi raiskamine.

Kuna Doranova Baltic OÜ-lt tellitud tööd Aardlapalu prügilas ei näinud esialgu ette gaasist energia tootmist, siis seetõttu põletataksegi kogutud gaas hetkel üle 1000 kraadise temperatuuri juures põletis ära. Tulevikus on reaalne kogutavast gaasist energiat toota ja selle nimel praegu ka tegevus käib.

4. Tulemused ja arutelu

Töö käigus analüüsiti prügilagaasi kogumise vajalikkust, kasutamist ja kogumise efektiivsust. Võrreldi Aardlapalu prügilas läbiviidud uuringutes prognoositud tekkivaid gaasikoguseid tegelike tulemustega.

Prügilagaasis leiduva metaani osakaal on 50-70 % ja kuna see aitab kaasa kasvuhooneefekti tekkimisele ning on ohtlik nii inimesele kui ka ümbritsevale keskkonnale, siis on otstarbekas seda koguda ning kasutada energiaallikana. Vähendades sellega kasvuhoonegaaside heitekoguseid ja kasutada kui taastuvat energiaressursi. Seda saab kasutada näiteks elektri tootmiseks ja kütusena.

Gaasikoguste prognoosiks viidi läbi kolm uuringut (tabel 4), selleks et uurida tekkivat mõju keskkonnale ning hinnata kogumise otstarbekust. Kõigis uuringutes hinnati tekkivat gaasikogust, vastavalt sellele kasutamise otstarbekust ning viimaseks millist süsteemi oleks kõige kasulikum ehitada.

Tabel 4. Gaasiuuringute tulemused

Uuring	I	II	III	Hetkeolukord
Läbiviija	Alkranel OÜ	Ecotech OÜ	Detes Scandinavia Oy	Doranova Baltic OÜ
Kogumise otstarbekus	Koguda ning põletada	Koguda ning toota energiat	Koguda ning toota energiat	Kogub ning põletab, teeb ettevalmistusi energia tootmiseks
Kogussüsteem	Horisontaalne	Horisontaalne koos niisutussüsteemiga	Vertikaalne koos niisutussüsteemiga	Vertikaalne koos niisutussüsteemiga
Saadav gaasikogus 2050. aastaks	440 miljonit m ³	20 miljonit m ³	Jätkusuutlikus 10. aastaks	Tegevusplaan 10. aastaks
Gaasimaht m ³ /h	u. 420 m ³ /h	u. 200 m ³ /h ja väheneb	400 kuni 600 m ³ /h	150 kuni 200 m ³ /h
Suurim tekkiv gaasikogus vahetult pärast sulgemist	u. 4 miljont m ³ /a (2009 ja 2010)	u. 1 690 000 ja 1 700 000 m ³ /a (2012 ja 2013)	-	1 064 065 m ³ /a (2012 kuni 2014)

2009. aastal tehtud Alkranel OÜ uuringus kasutati USA-s loodud LANDGEM mudelit, millega saadi ligikaudne gaasikogus. Märkimisväärne on see, et nende uuringu põhjal on tekkinud 2050. aastaks ligikaudu 440 milj m³ metaani, selle nimetatud aja jooksul oleks võimalik sellega ära kütta ja elektrienergiaga varustada terve linnajagu, aga ometi leidis uuringu läbiviija, et gaasi kasutamine võib energia tootmiseks osutuda majanduslikult ebaotstarbekaks ja sobivam on rakendada prügilagaasi põletamist. Samuti jääb arusaamatuks see, et kust selline gaasiproduktiooni number saadakse, kui tippaastatel prognoositakse metaani produktiooniks 4 miljonit m³. Kogumissüsteemiks soovitati horisontaalset süsteemi, mida peeti kasumlikumaks ja odavamaks ning sobivaimaks muutuva koostisega jäätmelademe korral. Võrreldes antud uuringu prognoosi tegelike tulemustega võib öelda, et Aardlapalu prügila sulgemise keskkonna mõjude hindamise esialgne prognoos ei olnud täpne. Järgneva uuringu sooritanud Ecotech OÜ järeldas, et Alkranel OÜ uuringus kasutatud LandGEM-i meetod on pigem mõeldud töötavate prügilate gaasitekke prognoosiks ja selle meetodi usaldusväärsed kasutustulemused pärinevad hoopis teisest kliimavööndist ja ”prügikorvist”.

Kuna esimene gaasiuuring jättis õhku rippuma palju küsimusi, siis aasta hiljem viis Ecotech OÜ läbi lisauuringu, kasutades selleks võrdlevat analüüsi. Selleks koguti ja analüüsiti kõik kättesaadavad andmed Pääsküla prügila biogaasi produktiooni ja sinna ehitatud gaasikogumise ning energiakasutuse süsteemi kohta. Selgus, et nende uuringu põhjal tekib prügilagaasi oluliselt vähem, kui seda arvati Alkranel OÜ uuringu põhjal. Sellest hoolimata leiti, et metaanikogused on piisavad energia tootmiseks, juhul kui ehitatakse vertikaalne gaasikogumissüsteem koos niisutussüsteemiga.

2010. aastal teostas Detes Scandinavia Oy esimese gaasikoguste mõõtmise uuringu Aardlapalu prügilas. Kasutades selleks Type Portafid M2 leekionisatsioonidetektorit (FID), mis tuvastab täpsed metaanikogused. Mõõtmised viidi läbi kogu prügila ulatuses ning selle ääre aladel. Mõõtmistulemustest selgus, et prügila sisaldab väga suurel hulgal gaasi ja kogumispinnasel on suur läbilaskevõime ning suur kogus gaasi paiskub atmosfääri. Maksimaalseteks gaasikogusteks hinnati 400 m³/h kuni 600 m³/h. Leiti, et tuleks paigaldada vertikaalne gaasikogumissüsteem, arvestades prügilademe sügavust ja mitmekesisust. Vertikaalne gaasikogumissüsteem tagaks kõrgema gaasikogumise efektiivsuse, reguleeritavuse ja annaks süsteemile pikema jätkusuutlikkuse.

Tabelist 4 on näha, et Ecotech OÜ prognoosis võrdlusmeetodi abil kõige täpsemini saadava gaasimahu vooluhulga. Aardlapalu prügilas on võimalik gaasi imeda ka üle 300 m³/h,

kompressorid on võimelised isegi 500 m³/h, aga sellega langeks metaani kontsentratsioon prügilagaasis. Seega tuleb hoida optimaalset imemisvõimet, selleks et metaani kontsentratsioon püsiks üle 50% ning toimuks võimalikult efektiivne energia tootmine. Kogumissüsteem paigaldati Doranova Baltic OÜ poolt, kes koostas oma tegevuskava Dets Scandinavia Oy poolt läbiviidud uuringu põhjal. Vertikaalse süsteemi kasuks otsustati, kuna prügilapinnas on kogu aeg aktiivne ja muutuv ning pinnase vajumise tõttu tekiks palju komplikatsioone. Seetõttu ei ole otstarbekas kasutada horisontaalsüsteemi, sest tekiks oht, et kogumistorud murduvad. Prügikihid võivad olla üksteisest isoleeritud ja erinevas vajumisstaadiumis ja vertikaalne torudesüsteem on neid läbides töökindlam ning saab gaasi kätte kõikidest kihtidest, mida ei pruugi saada horisontaalne süsteem. Vertikaalne paigaldus garanteerib süsteemile pikema eluea. Esialgu oli küll ettevõttel kõrgemad ootused, aga hetkel saadav gaasihulk on piisav energia tootmiseks. Ettevõtte tegevjuhi Margus Nõlvaku sõnul saab tänu taastuenergia toetustele seda ka edasi müüa.

KOKKUVÕTE

Käesoleva uurimistöö eesmärk oli analüüsida prügilagaasi kogumise vajalikkust ja kasutamise võimalusi Aardlapalu prügila näitel. Töös on antud ülevaade teostatud erinevatest uuringutest ja nendes kasutatud prügilagaasi tekke prognoosimise erinevatest meetoditest.

Lõputööd tehes uuriti põhjalikult prügilagaasi tekkimise mehhanisme, sellest tulenevat kogumise vajalikkust ja erinevaid kogumise meetodeid. Samuti prügilagaasi kasutamise võimalusi ja otstarbekust. Analüüsiti läbiviidud uuringute tulemuste paikapidavust ning võrreldi neid tegelike kogumistulemustega.

Biolagunevate jäätmete ladestamisel prügilasse tekib prügilagaas, mis võib teatud tingimuste kokkulangevusel olla ohtlik. Uurimistöö käigus leiti, et võttes arvesse Aardlapalu prügila pikaajalist aktiivset tegutsemisaega, territooriumi suurust ja tekkinud prügilagaasi koguseid on prügilagaasi kogumine kindlasti vajalik. Mittekogumine on ohtlik nii keskkonnale kui ka piirkonna elanikele. Keskkonna saastatuse vähendamiseks on otstarbekas tekkinud gaas koguda ja taaskasutada energia tootmiseks, see hoiab ära gaasi kogunemise teatud kohtadesse, mis võib põhjustada plahvatusi ja tekitada tulekahjusid.

Aardlapalu prügila kuulub Tartu linnale ja kuna prügila ei vastanud Euroopa Liidu jäätmemajanduse direktiividele tuli see sulgeda ja korrastada. Tööde teostamiseks tellis Tartu Linnavalitsus mitmeid uuringuid, mis paraku andsid erinevaid prognoose ja soovitusi. Võrreldes neid tegelike tulemustega võib järeldada, et esmane uuring oli kõige ebatäpsem. See oli põhjustatud ilmselt sellest, et 2008. aastal ei olnud võimalik arvesse võtta Eestis läbiviidud prügilate sulgemise ja korrastamise kogemusi ning aluseks võeti mujal maailmas kasutatud prognoosimismeetodid, mis Eesti tingimustes osutusid ebatäpseks. Erinevad olid ka soovitusel kogumismetoodika valiku suhtes. Töösse rakendati kolmandas uuringus soovitatud vertikaalne gaasikogumissüsteem koos niisutussüsteemiga. Prognoositud tekkiv gaasikogus on osutunud tegelikkuses küll väiksemaks, aga seda on siiski võimalik kasutada taastuenergia tootmiseks.

Kuna energiatootmine Aardlapalu prügilas käivitub plaanide kohaselt 2014. aasta suvel, siis ei ole paraku võimalik teha järeldusi taastuenergia tootmise kasumlikkuse kohta.

LANDFILL GAS COLLECTION NECESSITY, EFFICIENCY AND UTILIZATION ON THE EXAMPLE OF AARDLAPALU LANDFILL

Siim Selik

SUMMARY

The purpose of this study was to analyze the purpose of applying landfill gas collection system after closing the Aardlapalu landfill and to survey the utilization on the landfill gas as a source of energy in this case. In current work an overview about different studies in this field is given which were targeted to the prediction of landfill gas production using different methods of gas collection.

In current study mechanism of landfill gas generation and it's composition is described and discussed, as well different methods of gathering the generated landfill gas. As the aim of landfill gas collection and it's utilization is to reduce the influence of the gas to the environment, it was justified the reasons for providing the usage of Aardlapalu landfill gas. The results of many projects are analysed and compared with the results of actual production of the gas in Aardlapalu.

Aardlapalu landfill was founded in 1971 as a dumping site and contains massive amount of biodegradable waste as it was used for depositing municipal waste. Landfill gas, originated from this waste is dangerous to the environment and even to surroundings. Taking into account that landfill in Aardlapalu was in active operation for more than 40 years and contains estimably 1 Miljon tons of waste, the amount of landfill gas generated is considerable and collecting it would be definitely necessary. In order to reduce environmental pollution it's reasonable to collect landfill gas and use it for energy production. Construction of the gas collection system helps to prevent the accumulation of the gas in different locations of the landfill ground, which may lead to explosions and fires.

Aardlapalu landfill belongs to the city of Tartu and due to the fact that the landfill does not meet the requirements of European Union directive on waste management, it was closed in 2013. Afterwards the clean-up procedure started. To perform all clean-up works in closed landfill, government of Tartu ordered a number on projects from different consulting companies, which unfortunately gave various estimates and recommendations for the usage of landfill gas. In current study different results are compared and analysed. It was decided to

build in Aardlapalu a vertical gas collection system with irrigation. Even the predicted amount of gas generated is smaller than expected, it is still possible to use the landfill gas as a source for production of renewable energy.

Since energy production in Aardlapalu landfill is scheduled to start in summer 2014, it was not possible to draw conclusions about the profitability of renewable energy generation.

TÄNUAVALDUSED

Lõputöö autor soovib eelkõige tänada asjatundliku abi eest oma juhendajat, Tartu Ülikooli loodus- ja tehnoloogiateaduskonna lektorit Karin Hellatit. Samuti avaldab autor tänu igakülgse abi ja mõistva suhtumise eest Tartu Linnavalitsuse Linnamajanduse osakonna keskkonnateenistuse juhataja Ülle Mauerile, kes võimaldas ligipääsu Aardlapalu prügila dokumentidele ja Doranova Baltic OÜ tegevjuhi Margus Nõlvakule, kes tutvustas toimivat gaasikogumissüsteemi.

KASUTATUD ALLIKAD

Kasutatud trükised:

AS Kobras, 2011. Tartu Aardlapalu prügila sulgemisprojekt. Tööprojekt II etapp .

Bogner, J., M. Abdelrafie Ahmed, C. Diaz, A. Faaij, Q. Gao, S. Hashimoto, K. Mareckova, R. Pipatti, T. Zhang, 2007. Waste Management, In Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

Brosseau, J. 1994. Trace gas compound emissions from municipal landfill sanitary sites; Atmospheric-Environment 28 (2), 285-293]

Detes Scandinavia Oy. 2010. Gas engineering survey, FID Emission Measurements, November 2010 Tartu Aardlapalu landfill.

Doranova Baltic OÜ. 2010. Aardlapalu prügila gaasi mõõtmise.

Doranova Baltic OÜ. 2011. Tartu Aardlapalu prügila sulgemine. Prügilagaasi kogumine.

Environment Canada. 2009 .National Inventory Report, Greenhouse Gas Sources and Sinks in Canada, 1990-2007.

Hejungs,R., J. Guinee, G. Huppes, R.M. Lankreijer, H.A. Udo de Haes, A. Wegener - Environemntal Life cycle assessment of products. Guide and Backgrounds. CML Sleeswijk, A.M.M. Ansems, P.G. Eggels, R. van Duin & H.P. de Goede, (1992).

Hilger & Barlaz. 2001. Higler, H., and Barlaz, M.A., 2001 Anaerobic Decomposition of Refuse in Landfills and Methane Oxidation in Landfill Cover Soils, Manual of Environmental Microbiology, 2nd Ed., Am. Soc. Microbiol., Washington D.C., pp. 696-718.

Kerfoot, H.B., Chapter 3.5 In Christensen, T. H., Cossu, R. & Stegmann, R. (1999) Landfilling of waste: Biogas

Keskkonnaagentuur. Keskkonnaülevaade 2013. Jäätmed

Lohila, Annalea, Tuomas Laurila, Juha-Pekka Tuovinen, Mika Aurela, Juha Hatakka, Tea Thum, Mari Pihlatie, Janne Rinne, Timo Vesala, Tuomas Laurila, Juha-Pekka Tuovinen, Mika Aurela, Juha Hatakka, Tea Thum, Mari Pihlatie, Janne Rinne, and Timo Vesala.

"Micrometeorological Measurements of Methane and Carbon Dioxide Fluxes at a Municipal Landfill." *Environmental Science & Technology*, 41.8 (2007): 2717-2722.

Loigu, 2010. Prügilavee uuringud ja erinevate puhastustehnoloogiate analüüs: Eesti oludesse sobiva puhastustehnoloogia väljatöötamine.

OÜ Alkranel. 2008-2009. Tartu Aardlapalu prügila sulgemisprojekti keskkonnamõju hindamine.

OÜ Ecotech. 2010. Aardlapalu prügilas aastatel 2010-2050 tekkiva prügilagaasi (sh eraldi metaani) koguste prognoosimine.

USEPA, 1997. Compilation of Air Pollution Emission Factors, Report Number AP-42, 5th Ed. Supplement C, Office of Air Quality Planning and Statistics, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.

Williams & Aitkenhead, 1991. Lessons from Loscoe: The uncontrolled migration of landfill gas; *The Quarterly Journal of Engineering Geology* 24 (2), 191-207]

Kasutatud normatiivmaterjal:

Jäätmeseadus. Riigikogu seadus, 28.01.2004 (RT I 2004, 9, 52).

Jäätmeseaduse muutmise seadus, 08.02.2007 (RT I 2007, 19, 94)

Keskkonnaministri määrus nr 38, 29.04.2004 (RTL 2004, 56, 938).

Nõukogu Direktiiv 1999/31/EÜ

Pakendiseadus. Riigikogu seadus, 21.04.2004 (RT I 2004, 41, 278).

Kasutatud andmebaasid ja internetileheküljed:

Conestoga-Rovers & Associates, 2010. [<http://www.env.gov.bc.ca/epd/mun-waste/waste-solid/landfills/pdf/Design-guidelines-final.pdf>] (07.05.2014)

EnvironmentTools, 2014.

[<http://www.environmenttools.co.uk/directory/tool/name/landgem/id/120>] (07.05.2014)

Euroopa Liidu Teataja. Euroopa parlamendi ja Nõukogu direktiiv. 2008/98/EÜ [<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2008:312:0003:0030:ET:PDF>] 03.02.2014

Greenfield. 2014. [<http://www.greenfieldtechnical.com/6.html>]. 15.05.2014

Keskkonnaministeeriumi info- ja tehnokeskuse jäätmetestatistikast [http://pub.stat.ee/px-web.2001/Database/Keskkond/08Surve_keskkonnaseisundile/02Jaatmete_teke/02Jaatmete_teke.asp] (25.04.2014)

Keskkonnaministeeriumi koduleht: [<http://www.envir.ee/1099445>] (06.03.2014)

Keskkonnaõigusekeskus: [<http://www.k6k.ee/uudiskiri/2009-august/prygilad>] (05.05.2014)

Scottish Environment Protection Agency. Guidance on Landfill Gas Flaring. 2002.

[http://www.sepa.org.uk/waste/waste_regulation/idoc.ashx?docid=d2a6df2b-8ea9-4326-af87-e6803f769d47&version=-1] (11.05.2014)

Sullivan, 2010.

[http://www.heartoffloridasolidwaste.org/Importance_of_LFG_Capture_and_Utilization.pdf]

UNEP, 2002 [http://www.unep.or.jp/Ietc/ESTdir/Pub/MSW/SP/SP6/SP6_4.asp]

Young, A. 1992. [<http://users.ox.ac.uk/~ayoung/landfill.html>] 06.03.2014

Suulised materjalid:

Autori vestlus Tartu Linnavalitsuse Linnamajanduse osakonna keskkonnateenistuse juhataja Ülle Maueri 20.02.2014 (märkmed autori valduses).

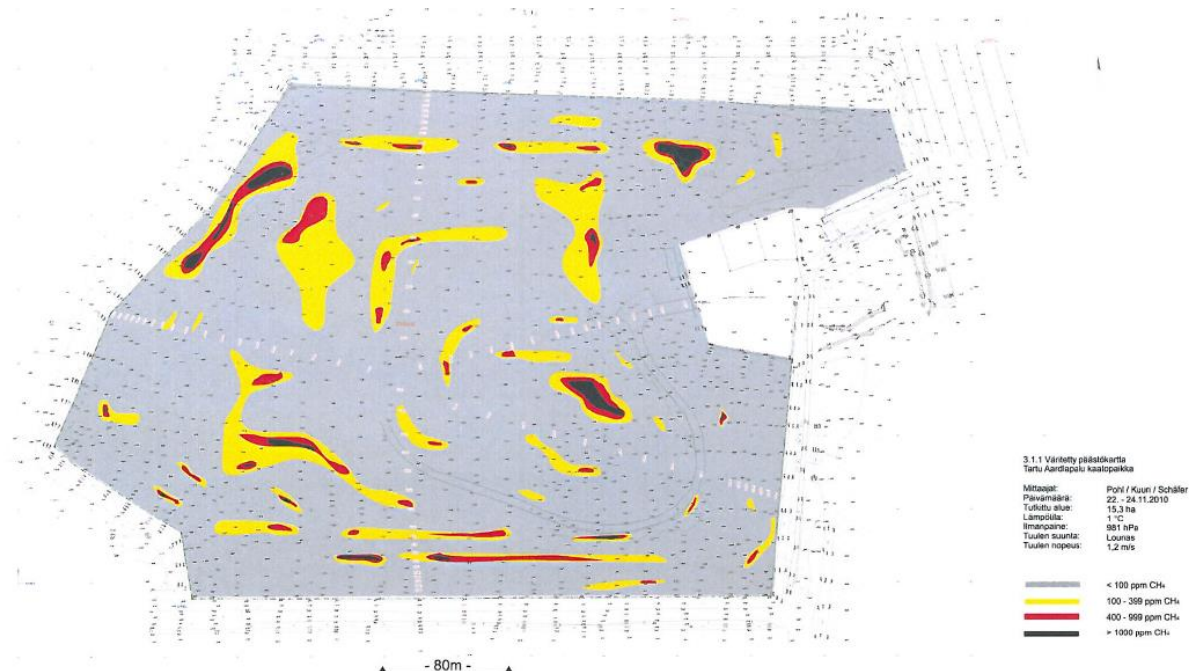
Autori kohtumine Doranova Baltic OÜ tegevjuhi Margus Nõlvakuga Aardlapalu prügilas 02.05.2014 (märkmed autori valduses).

LISA 1. AARDLAPALU PRÜGILA ASUKOHA KAART



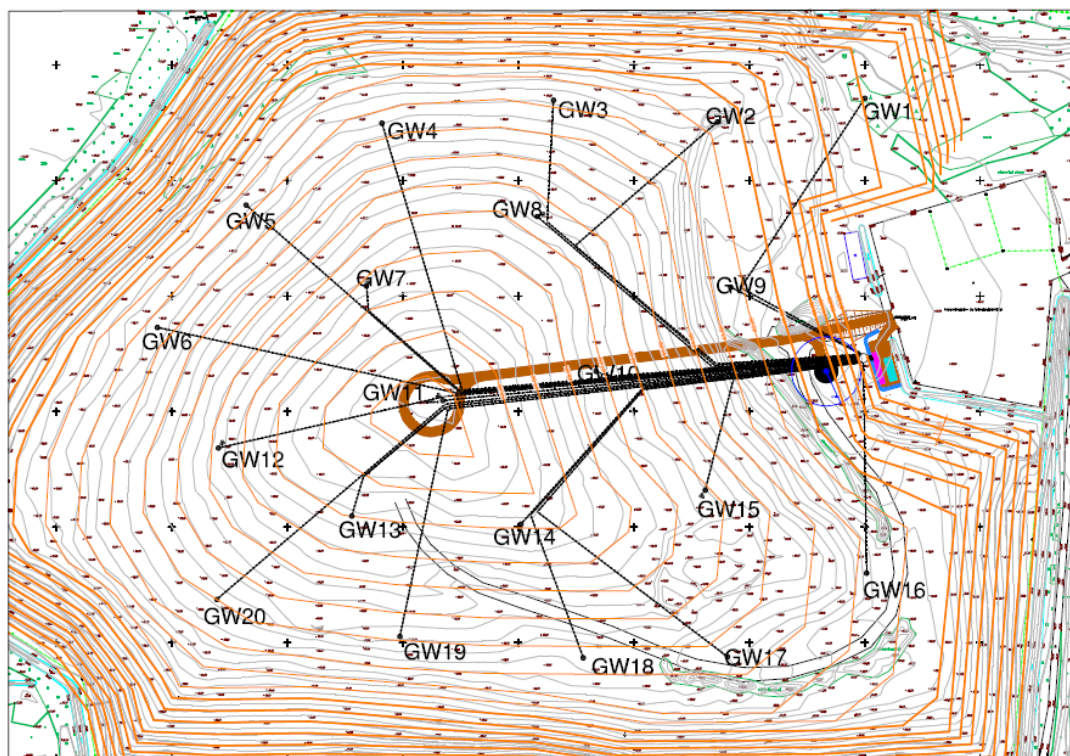
Joonis 7. Aardlapalu prügila asukoha kaart. Allikas: Kobras AS, 2011.

LISA 2. KÕRGETE HEITEKOGUSTE KAART



Joonis 8. Aardlapalu prügila heitekoguste piirkonnad. Allikas: Detes Scandinavia Oy, 2010.

LISA 3. GAASIKAEVUDE ASUKOHA KAART



Joonis 9. Gaasikaevude asukohad. Allikas: Doranova Baltic OÜ, 2011.

LISA 4. TARTU AARDLAPALU PRÜGILA GAASIKOGUMISSÜSTEEM JA KOMPRESSORJAAM KOOS PÕLETIGA.



Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina,

Siim Sellik

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose

„Prügilagaasi kogumise vajalikkus, efektiivsus ja kasutamine Aardlapalu prügila näitel“
(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja on

Karin Hellat

- 1.1.reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;
- 1.2.üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.
2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.
3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus, **19. 05. 2014**